

法政大学学術機関リポジトリ
HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

廃プラスチック混合燃料を用いた小型ガソリン機関 の排気特性に関する研究

著者	劉 興国
出版者	法政大学大学院理工学研究科
雑誌名	法政大学大学院紀要．理工学・工学研究科編
巻	60
ページ	1-4
発行年	2019-03-31
URL	http://doi.org/10.15002/00021986

廃プラスチック混合燃料を用いた小型ガソリン機関 の排気特性に関する研究

A STUDY OF EMISSION CHARACTERISTICS BY USING WASTE PLASTIC DECOMPOSITION OIL
FOR A SMALL GASOLINE ENGINE

劉興国
Xingguo LIU
指導教員 川上忠重

法政大学大学院理工学研究科機械工学専攻修士課程

In recent years, with the popularization of automobiles in developing countries, the demand for automobiles is increasing all over the world. Due to manufacturing costs, infrastructure and other reasons, developing countries will still use inexpensive traditional gasoline engines as the main power source of automobiles. Therefore, it will also depend on petroleum as the raw material of automobile fuel to provide power for automobiles in the future. However, it is known that the petroleum reserves can be exploited for about 50 years, we are facing the problem for the depletion of fossil fuels. From this point, the development of new alternative fuels has become a top priority.

This experiment has been carried out to examine the influence of combustion products (NO, CO, HC, CO₂, O₂) and flammable mixing ratio by small gasoline engine by using gasoline and Waste Plastic Decomposition Oil mixed fuel. The main results are as follows.

- (1) The NO emissions of the more than 20% WPDO addition fuels increase than that of the gasoline.
- (2) It is possible to realize the almost same CO emissions of the less than 30% WPDO addition fuels than that of the gasoline.
- (3) The HC emissions of the 30% WPDO addition fuels increase than that of the gasoline under low engine load (350W).

Key Words : Waste Plastic Decomposition Oil, Gasoline Engine, Emission characteristics

1. 緒論

新興国の自動車の普及に伴って、全世界における生産台数は増加傾向にあり、先進国と異なり、新興国の自動車は製造コストやインフラ等の観点から、従来の小型ガソリン機関を中心として、その利用が今後も増大すると考えられる。それに伴って、化石燃料への依存状況が継続すると思われる。一方、自動車用燃料の原料である石油の可採年数は約 50 年と言われており、今後、技術革新により可採年数が延長する可能性もあるが、化石燃料は当然有限資源であり、石油系燃料の枯渇に直面している現状において、代替燃料の開発は極めて重要な課題であり、その一つとして工業用廃プラスチックから生成される廃プラスチック分解油が着目されている。

廃プラスチック分解油とは(以下WPDO)ポリエチレンやポリプロピレンといったプラスチックを加熱、溶解、分解、冷却を経て生成される再生油である。原料が化石燃料である廃プ

ラスチックから生成されている為、エネルギーの再利用が期待されている。日本国内でのプラスチックの廃棄量は年間およそ 1000 万トンとも推定されており、廃プラスチック分解油を活用することにより、プラスチックごみ資源の再利用が可能となると同時に化石燃料の枯渇を緩和することも期待されている。

ただし、ガソリンと比較して、WPDO は高炭化水素系燃料であるため、CO₂を始めとする燃焼生成物に関する検討が求められている。

そこで本研究では新たな燃焼技術開発の一環として、廃プラスチック分解油の分留を行わずに、汎用燃料に直接添加して使用することを想定し、ガソリンと廃プラスチック分解油との混合燃料を用いた場合の燃焼生成物への影響、併せて燃焼可能な混合割合に関する検討を行った。

2. 実験装置及び方法

(1) 実験燃料

Table1 に供試燃料の性状を、Table2 に WPDO の組成を示す。本研究で使用したガソリンは一般に流通しているレギュラーガソリン（2 号）を使用した。なお、WPDO のオクタン価は以下の式（1）にて簡易的に算出した。

$$\text{Octane number} = 120 - 2 \times \text{Cetane number} \quad (1)$$

供試燃料は以下の式（2）の通り体積割合で燃料作成を行った。本研究ではガソリンに WPDO を体積割合で 5vol%, 10vol%, 20vol%, 30vol% 添加した燃料を作成し、マグネチックスターラー（アズワン株式会社製 RS-1D）で 15 分間攪拌した。なお、本実験の範囲内では、ガソリン及び WPDO 混合燃料の短時間での液相分離及びノッキングは観察されなかった。

$$W[\%] = \frac{\text{Volume of WPDO}}{\text{Volume of fuel}} \times 100 \quad (2)$$

Table 1 Fuel properties

Properties/Test fuels	Gasoline	WPDO
Lower calorific value [MJ/L]	32.8	34.1
Flash point[K]	229	311
Density [kg/m ³]	738	784
Kinematic viscosity[mm ² /s]	0.6-0.7	1.53
Octane number[-]	89.0	7.2

Table 2 Composition of WPDO

Components	Percentage
C ₁₀	66.3
C ₁₀ -C ₁₅	4.4
C ₁₅ -C ₂₀	12.7
C ₂₀ -C ₂₅	8.2
C ₂₅ -C ₃₀	8.4

(2) 実験方法

Fig.1 に実験装置の概略、Table3 に供試機関の主要諸元を示す。実験に際してまず、燃料にガソリンを用いて供試機関（デンヨー株式会社製 GA-2605U3）の暖機運転を充分に行った。暖機完了後、WPDO を添加した混合燃料を投入し、機関内の燃料が全て混合燃料になるまで運転を行い、各数値が定常状態になったことを確認後、測定を開始した。

排気ガス成分をエンジン排ガス分析計（株式会社リエロ・ジャパン製 Auto5.1）で 15 回測定し、その算術平均値を実験結果とした。排気管の表面温度を測定するため、排気管から

20cm 離れた位置から放射温度計（共立電気計器株式会社製 KEW5515）のレーザー光を 10 秒間照射し、その間に記録された最高温度を測定した。排気ガス温度を測定するため、排気管に穴を設け、熱電対温度計（株式会社チノー製 MC3000）で 15 回測定し、その算術平均値を実験結果とした。更に燃料消費量の測定も同時に行った。

0W, 350W, 700W, 1050W の 4 段階の負荷に設定し、各負荷条件において、同様の測定をそれぞれ行った。

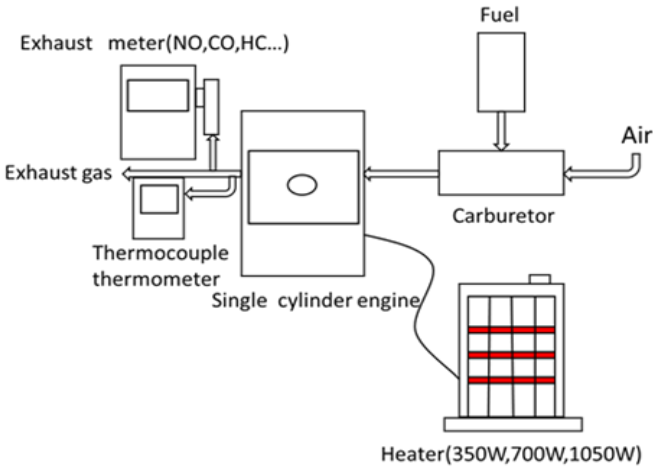


Fig.1 Experimental devices

Table 3 Engine Specifications

Engine type	MZ175 4stroke cycle
Number of cylinders	Single cylinder
Ignition system	Spark ignition
Cooling system	Air-cooling
Fuel supply device	Carburetor
Displacement	0.171L
Maximum output	3.5kW/3600rpm

3. 実験結果及び考察実験方法

Fig.2 に各負荷条件に対する NO の排出濃度を WPDO の添加率をパラメータとして示す。この図から明らかなように、添加率 10% 以下の場合には、各負荷条件において NO の排出濃度はガソリンとほぼ同程度となっており、添加率 20% 以上の場合には、中負荷及び高負荷時においては、NO の排出濃度はガソリンと比較して、著しく増大した、また WPDO の添加率の増大に伴って NO の増大率が増加している。これは、WPDO は高炭化燃料の一種であり、ガソリンと比較して、発熱量の高い燃料であるため、燃焼温度の増大に伴い、サーマル NO の排出量が増加したと考えられる。一方、添加率 30% 低負荷 (350W) においては、ガソリン単体と比較してほぼ同程度の排出量が確認された。これは本供試機関では、中負荷領域での作動が想定されており、燃料濃度の影響により機関内の燃焼温度が

減少したためと考えられる。

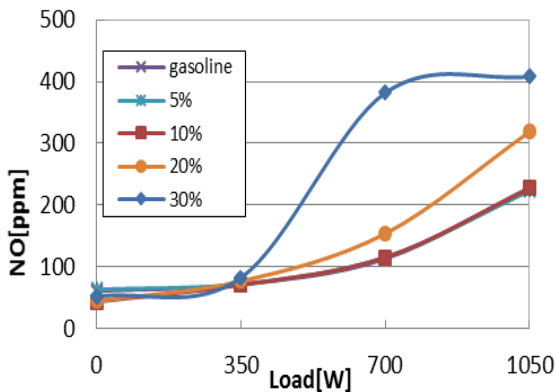


Fig.2 NO emission

Fig.3に各負荷条件に対するCOの排出濃度をWPD0の添加率をパラメータとして示す。この図から明らかなように、添加率30%の中負荷(700W)を除いては、どの添加率においてもCO排出濃度はガソリンとほぼ同程度となっており、WPD0混合燃料の利用の可能性が示唆される。一方、添加率30%の中負荷においては、著しくCO排出濃度の低減効果が観察された。これは、本供試機関は発電機用であるため、機関負荷条件は中負荷程度が想定されており、燃料濃度が理論空燃比付近に移行したためと考えられる。本実験結果は、先のNOの排出濃度の結果とも一致しており、COの排出濃度の低減効果が期待される。

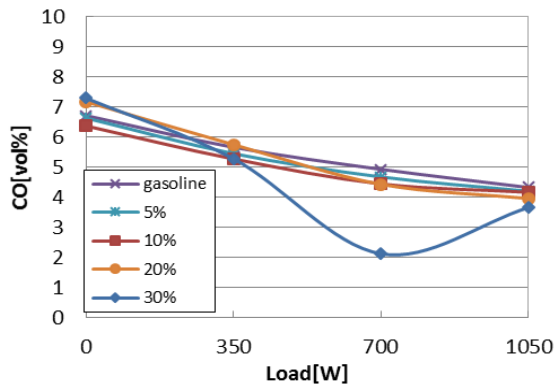


Fig.3 CO emission

Fig.4に各負荷条件におけるHC排出濃度をWPD0の添加率をパラメータとして示す。この図から明らかなように、高添加率(30%)の低・高荷領域を除いて、ほぼ、ガソリンと同程度のHC排出濃度が観察されており、小型ガソリン機関においても中負荷領域では、WPD0添加率30%程度での運転が十分可能である。ただし、低負荷領域においては、80ppm程度のHC排出濃度の増大が確認されており、低負荷領域でのHC排出低減に関する検討が必要であることを明記しておく。

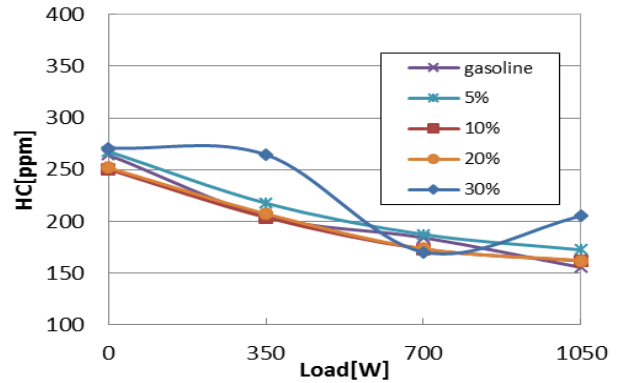


Fig.4 HC emission

Fig.5に高添加率及び低負荷領域でのHC排出濃度の増加の原因を検討するために、各負荷条件におけるCO₂排出濃度をWPD0の添加率をパラメータとして示す。この図から明らかなように、各負荷条件及びWPD0の添加率においてもガソリンと比較して、著しいCO₂排出濃度の減少は観察されておらず、良好な燃焼が実現されており、先のHC濃度の増大は、不完全燃焼に起因するものではないと考えられる。今後、更に高添加率における燃焼生成物に及ぼす影響について検討を行う予定である。

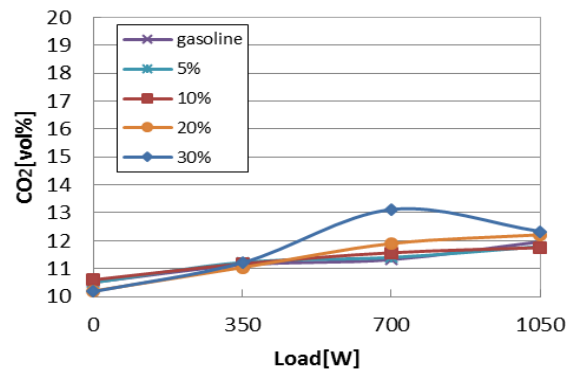


Fig.5 CO₂ emission

Fig.6に各負荷条件に対する空燃比を、WPD0の添加率をパラメータとして示す。本実験では、空燃比を式(3)のようにエンジン排ガス分析計から測定した空気過剰率 λ に理論空燃比14.7を乗し、算出した。**Fig.6**からわかるように、本実験は過濃領域での燃焼となっている。また、ガソリンと比較して、WPD0混合燃料を用いた場合の空燃比の減少は観察されておらず、一方、WPD0添加率30%中負荷領域においては、ガソリンより著しく空燃比の増大が観察された。これは、先のCOの排出濃度の結果とも一致しており、機関負荷条件は中負荷程度が想定されているため、燃料濃度が理論空燃比付近に移行したためと考えられる。

$$\frac{A}{F} = \lambda \times 14.7 \quad (3)$$

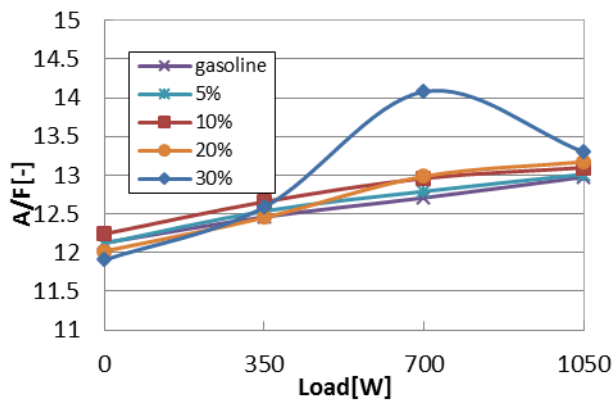


Fig.6 Air fuel ratio

Fig.7 に本実験での各負荷条件に対する 排気温度を、WPD0 の添加率をパラメータとして示す。この図から明らかなように、どの添加率においても、負荷の増大に伴って、排気温度は増加している。これは先の空燃比の負荷率に伴う変化と一致しており、空燃比の妥当性が示唆される。ここで、添加率の排気温度に及ぼす影響に着目すると、本実験範囲内では、一定の傾向は観察されておらず、十分添加率 30% 程度までは、混合燃料として用いることが可能と考えられる。今後、各負荷での燃焼生成物の同時低減に関する検討を行う予定である。

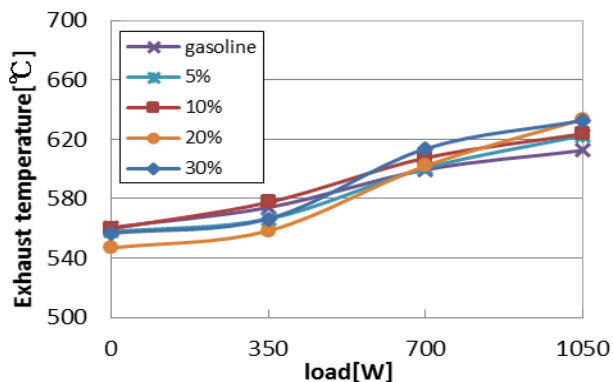


Fig.7 Exhaust temperature

4. 結論

本研究では、小型ガソリンエンジンを用いて、ガソリン及び廃プラスチック分解油との混合燃料を用いた場合の燃焼生成物への影響、併せて燃焼可能な混合割合に関する検討を行った。以下に結果を示す。

- (1) WPD0 添加率 20% 以上の場合には、NO 排出濃度はガソリンと比較して増大する。
- (2) WPD0 添加率 30% 以下の範囲では、CO 排出濃度はガソリンと同程度を実現することが可能である。
- (3) WPD0 添加率 30% においては、低負荷領域 (350W) において HC 濃度はガソリンと比較して増大する。

参考文献

- 1) JIS K 2202:2012, 自動車ガソリン, 日本工業規格の簡易閲覧
<http://kikakurui.com/k2/K2202-2012-01.html>
- 2) 武田克彦, 遠藤賢一, 狩野高宏, 佐野慶一郎, (2015), 廃プラスチック分解油を用いるディーゼル発電機の高効率化および低エミッション化に関する実験的研究-水エマルジョン化による試み-, 日本マリンエンジニアリング学会誌, 第 50 巻, 第 1 号
- 3) 国立研究開発法人産業技術総合研究所, 液体流量測定における物性値
- 4) 村山正, 常本秀幸, 自動車エンジン工学, P. 50
- 5) MZ175 取扱説明書, ヤマハ株式会社
- 6) 篠木紀孝, 川上忠重, 日本機械学会関東支部山梨講演会論文集, NO. 407, 2017